

平成 15 年マダラ太平洋北部系群の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（成松庸二、伊藤正木、服部 努）

参 画 機 関：青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

太平洋北部海域におけるマダラの漁獲量は 1998、1999 年に過去最高を記録した。この要因には 1996 年から 1998 年に発生した卓越年級の影響が大きいと考えられる。その後、加入量は 1999 年および 2000 年級で低調であったが、2001 年級群でやや多く、2002 年級では卓越年級に準ずる水準であった。そのため資源の動向は横ばいであると考えられる。また、漁獲量、CPUE は高水準であった 1998 年、1999 年よりは低レベルであるが、それに準ずるレベルを維持しているため、資源水準は中位と考えられる。

資源管理基準と標準的漁獲制御ルール（平成 15 年度）1 - 3） - （2）に基づいて $F_{limit} = F_{20\%SPR}$ とし、この時の漁獲量を ABC limit とした。また、 $F_{target} = F_{limit} \times 0.8$ とし、この時の漁獲量を ABC target とした。

	2004年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC limit	156百トン	F20%	0.43	30%
ABC target	130百トン	0.8F20%	0.37	25%

注)F値は各年齢の平均で、ABCは100トン未満で四捨五入した。
管理目標への達成年はおおむね5年とする。

年	資源量(百トン)	漁獲量(百トン)	F 値	漁獲割合
2001	297	121	0.63	41%
2002	286	90	0.45	32%
2003	477			

（水準・動向）

水準：中位 動向：横ばい

1．まえがき

マダラは、食味がよい上に大型に成長することから各地で重要な漁獲対象種とされている。東北地方においても周年漁獲され、特に冬場の繁殖期を中心として重要な地先資源となっている。東北太平洋岸は本種の分布南限に位置することもあり、その資源動向は主産地である北海道に比べ不安定である。近年の漁獲量は 1998、1999 年に過去最高を記録したが、その後減少傾向にあることから今後の資源動向に注意を払う必要がある。

2．生態

（1）分布・回遊

マダラは北部太平洋沿岸に広く見られ、本邦周辺では日本海から東シナ海北部、北日本太平

洋岸およびオホーツク海に分布する(Bakkala et al. 1984)。太平洋における分布の南限は茨城県沖とされている (Mishima 1984)。

これまでに、マダラにはアジア周辺においても10以上の系群があり、別個の集団を形成していると考えられている。個々の系群の移動範囲は限られており、これらの系群間の交流は少ない (Bakkala et al. 1984)。標識放流の結果、陸奥湾産卵群は北海道太平洋側のものと交流が深く、産卵場を中心とした索餌―産卵回遊を行っていると考えられている (福田ら 1985)。また、漁獲統計で見ても太平洋北部海域の漁獲量と陸奥湾周辺における漁獲量には関連が認められない。そのため、陸奥湾で産卵し、北海道太平洋側に回遊する群を太平洋北部の群 (太平洋北部系群) とは別系群であると判断し、ここでは扱っていない。

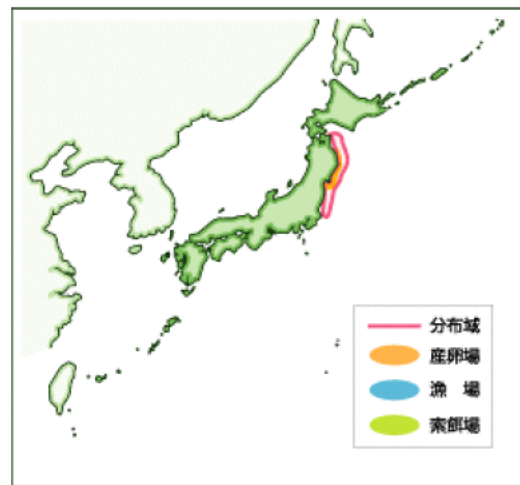


図1. 太平洋北部におけるマダラ分布

また、産卵期以外の分布水深は100～600mで (服部ら 2002)、季節的な浅深移動を行う (橋本 1974)。

(2) 年齢・成長

マダラの年齢査定は耳石の扁平石を用いて行われる。扁平石の薄片を作り、薄片中に見られる透明帯を数えることによって年齢査定が可能である (服部ら 1992)。マダラの成長は早く、寿命近くの8歳になると体長90cm、体重10kg程度に達する。成長は年によって変化し、マダラ自体の密度や春季の親潮第一分枝の流入強度が作用

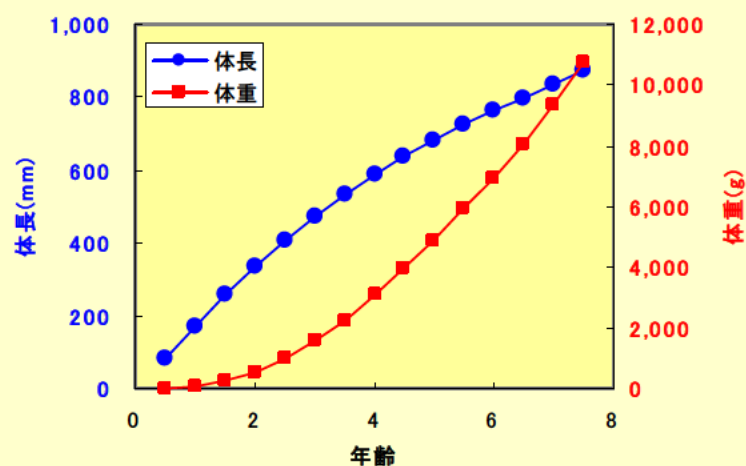


図2. 太平洋北部におけるマダラの年齢と体重、体長の関係

していると考えられている (成松ら 2003)。体長と年齢および体重の関係は下式の通りである。

$$BL=1255.2(1-\exp^{-0.16(t-0.036)})$$

$$BW=7.07 \times 10^{-6} \times BL^{3.12}$$

ここで、BLは被鱗体長(mm)、tは満年齢 (年齢の起算日は1月1日)、BWは体重(g)である。

(3) 成熟・産卵生態

産卵親魚の来遊および幼魚の出現状況から、本種の産卵場は青森県陸奥湾、宮城県仙台湾の

ほか、三陸沿岸各地に小規模なものがあると考えられている（福田ら 1985; 児玉ら 1990; 服部ら 1999）。冬季になると産卵親魚は水深数十mの浅瀬に移動し、雌雄ペアで、あるいは一尾の雌に数尾の雄が群がり、砂泥帯に沈性卵を産む（Sakurai and Hattori 1996）。雌は単回産卵で、1 繁殖期の産卵数は 50 万（体長 40cm 前後）～400 万粒（体長 80cm 前後）である（服部ら 1995）。また、近年の東北における 50%成熟体長は雄で 46.2cm、雌で 47.8cm である。初回成熟年齢は 3 歳もしくは 4 歳で、成熟後は毎年産卵する。

（４）被捕食関係

餌生物は浮遊生活期にはかいあし類幼生、魚卵、および十脚目幼生、若魚期にはオキアミ類、成魚期には魚類・頭足類である（Takatsu et al. 1995; 2002; 山村 1993）。また、小型の個体は大型のマダラに被食されることが示されている（橋本 1974）。

3. 漁業の状況

（１）主要魚業の概要

太平洋北部においてマダラは沖合底びき網漁業（以下、沖底）、小型底びき網漁業（小底）、刺し網、延縄および定置網などで漁獲されている。

（２）漁獲量の推移

全漁法合計の漁獲量の経年変化をみると、1980 年代前半から漁獲量は徐々に増

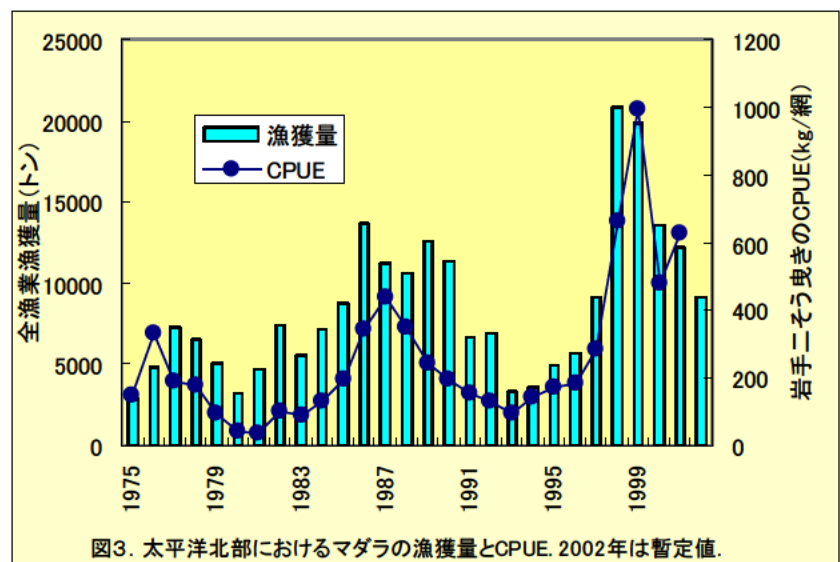


図3. 太平洋北部におけるマダラの漁獲量とCPUE. 2002年は暫定値.

加し、1985～1990 年には 1 万トン以上を記録している。しかしその後、減少傾向を示し、1993 年および 1994 年には 3 千トン台と 1980 年代前半の水準にまで低下した。1994 年以降に再び

表 1. 漁業種別マダラの漁獲量（単位トン）. 2002年は各県水試調べによる暫定値.

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
沖底	1,337	2,443	3,779	3,423	3,131	1,723	1,884	1,815	2,439	1,821	4,249	5,620	5,223	6,007	5,613
小底	574	498	1,103	1,108	809	399	848	3,842	1,762	2,130	1,890	2,784	1,731	1,173	1,047
刺し網	546	508	495	502	315	414	307	378	410	784	504	1,269	573	428	460
延縄	107	64	88	255	216	92	59	165	234	514	631	1,031	1,415	1,344	1,206
定置	230	1,250	1,694	1,170	566	595	1,537	1,201	679	1,803	1,134	2,620	1,923	1,320	2,336
その他	7	64	166	42	26	13	14	35	71	150	276	320	339	285	1,927
計	2,801	4,827	7,325	6,500	5,063	3,236	4,649	7,436	5,595	7,202	8,684	13,644	11,204	10,557	12,589

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
沖底	4,864	3,016	2,320	1,858	2,013	3,176	3,346	5,333	15,074	13,486	8,741	8,214	4,431
小底	1,897	614	295	157	278	430	701	494	823	1,245	768	764	1,091
刺し網	704	372	238	438	166	322	426	897	799	828	786	817	302
延縄	1,698	886	3,181	395	546	633	806	1,976	2,267	2,981	2,977	1,803	1,540
定置	1,803	1,629	807	384	462	278	207	283	239	264	107	153	571
その他	333	82	103	88	106	104	201	111	1,552	982	165	393	1,021
計	11,299	6,599	6,944	3,320	3,571	4,943	5,688	9,094	20,753	19,786	13,544	12,143	8,956

増加に転じ、1998 年および 1999 年にはほぼ 2 万トンと過去最高の水準となった。その後は減少傾向にあり、2002 年には暫定値ながら 1 万トンを割り込んでいる。

漁業種類別の漁獲量を見ると、ほとんどの年で沖底での漁獲が最も多く、次いで延縄、小底および定置網などでの漁獲が多い。沖底および小底では禁漁期を除く周年にわたり漁獲されているが、定置網や刺し網では繁殖期に接岸する個体を対象とした漁業も行われている（表 1）。

4. 資源状態

(1) 資源評価方法

青森県沖～茨城県沖の水深 150-900m で 10 月に着底トロール調査を行った（計 75 点）。この調査域は本海域のマダラの分布範囲を網羅している。調査によって得られたマダラ全個体について年齢査定を行い、年齢別に面積－密度法を用いて現存量を推定した。この現存量と過去の現存量結果からさまざまな漁獲係数をとるときの現存量と漁獲量の変化をシミュレートし、ABC を算定した。

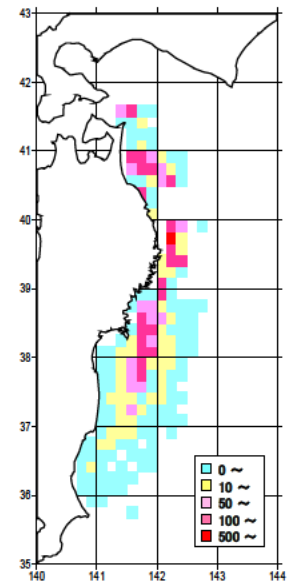


図 4. 沖底による漁獲量分布（トン）

(2) CPUE

マダラは沖底で最も多く漁獲されていることから、長期的な個体群動態を知るにはこの漁法の CPUE が一つの有力な指標になると考えられる。小海区別に各漁法の CPUE の変化を見ると、岩手の 2 そうびきにおける CPUE 値が概して高い値を示しており、さらに最も変動が

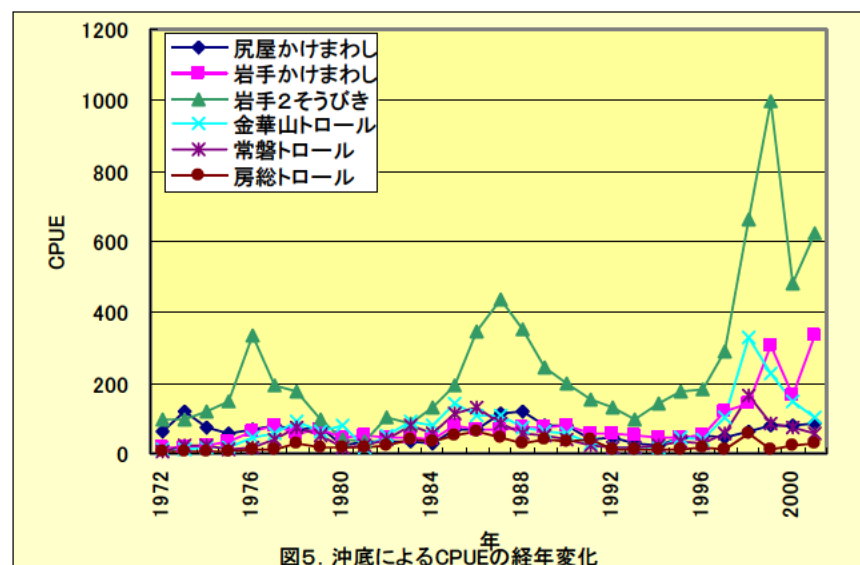


図 5. 沖底による CPUE の経年変化

大きい（海区分分はズワイガニ参照）。また、岩手 2 そうびきの CPUE は岩手かけまわしとは同調する傾向にあるが、金華山トロールや常磐トロールと比べると一年ずれていることがわかる。これは北部と南部で加入パターンに違いがあることに加え、南部海域では比較的若齢期に多く漁獲されているためと考えられる。しかしながら、どの小海区のどの漁法においても 1990 年代後半の CPUE 値は高く、近年もある程度高い値を維持していることがわかる。

(3) 漁獲物の体長組成の推移

主要水揚げ港である石巻および小名浜におけるマダラ漁獲物の体サイズ組成を図6に示した。いずれも漁獲の中心は体長50cm以下の小型魚であり、特に体長20-30cmの漁獲が多い。図2に示したように20-30cmの個体は1歳魚であるため、2001年生まれの個体が多く漁獲されたということが明らかになった。また、石巻では体長50cm以上の大型魚が若干漁獲されているが、小名浜ではそういった個体はほとんど水揚げされていなかった。

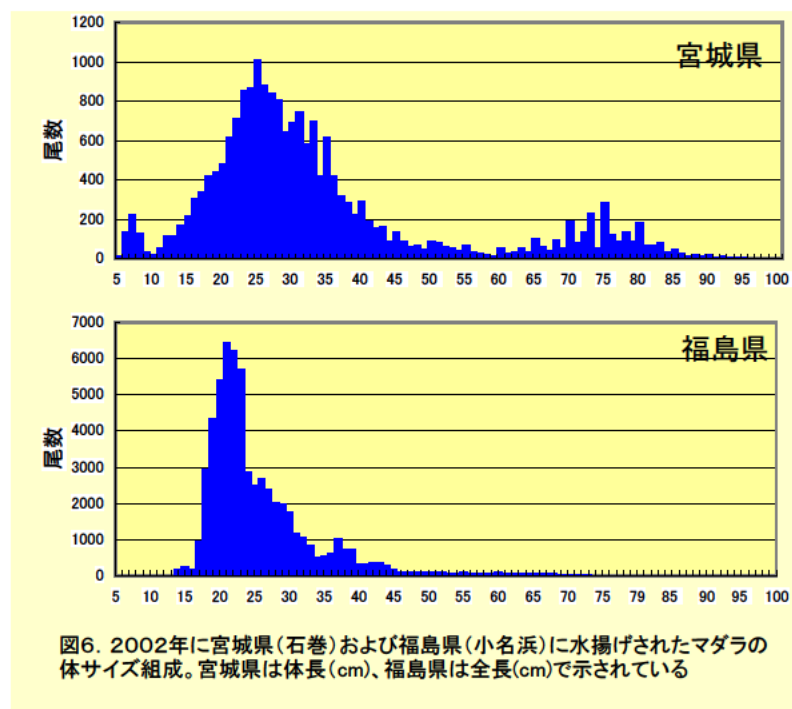


図6. 2002年に宮城県(石巻)および福島県(小名浜)に水揚げされたマダラの体サイズ組成。宮城県は体長(cm)、福島県は全長(cm)で示されている

(4) 資源量の推移

1995～2002 年にかけて秋季にトロール網による底魚類資源量調査を実施し（水深 150～1000m）、面積一密度法を用いて現存量の推定を行っている。体長組成と耳石の透明帯の読み

表2 トロール調査による年齢別資源尾数(千尾)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	35,593	175,562	230,033	239,774	3,934	20,731	86,336	153,846
2	5,718	1,753	38,790	25,685	48,665	2,628	3,529	4,065
3	1,344	1,818	578	5,438	3,018	8,710	204	1,857
4	74	306	674	110	1,370	398	808	398
5以上	0	260	283	0	29	146	136	204
合計	42,730	179,700	270,358	271,006	57,016	32,613	91,012	160,370

注)10-11月時点の値に年齢別の生残率を乗じ、翌年1月の値を推定したもの。

トロール調査による面積一密度法で求め、採集効率(Q)は1才魚0.55, 2才魚0.45, 3才魚以上0.15とした。

表3 太平洋北部海域のマダラの推定現存量(トン)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	8,488	41,865	54,854	57,177	938	4,944	20,588	36,686
2	5,644	1,731	38,287	25,352	48,035	2,594	3,483	4,012
3	3,047	4,123	1,311	12,331	6,844	19,750	462	4,211
4	295	1,212	2,668	434	5,424	1,576	3,199	1,577
5以上	0	1,621	1,955	0	172	862	833	1,205
合計	17,474	50,551	99,075	95,294	61,412	29,726	28,564	47,692

注)10-11月時点の値から推定した翌年1月の現存尾数に各年齢の平均体重(6月)を乗じたもの。

トロール調査による面積一密度法で求め、採集効率(Q)は1才魚0.55, 2才魚0.45, 3才魚以上0.15とした。

とりからすべての採集個体について年齢査定を行い、年齢別の現存尾数と重量を求めた。前述のようにマダラは成長とともに食性、生活史が変わる。若齢期には遊泳力が弱く、根から離れて群泳しオキアミを専食する。一方、高齢化にともない魚類や頭足類が主食となり、根に付くようになる。そこで1, 2歳時には採集効率を高く（それぞれ

0.55、0.45）、魚食性になり、根の周辺を生息域とする3歳以上については低く（0.15）設定した。

調査を10月に行っているため、10月における各年齢の現存尾数に年齢別生残率を乗じ、翌年1月における年齢別尾数を算出した（表2）。この値に6月における体重を乗じたものを各年の初期現存量とした（表3）。成長には年変化があり、体サイズは年によって異なるが、ここでは平均値を用いた。

2003年と1996年から2002年までの結果を比較すると、1才魚の尾数、つまり新規加入尾数は、近年の大幅な漁獲増加の原因になった1997-1999年には及ばないものの、それに準じる値を示している。しかし、1歳時には比較的多かった2001年級は2歳時には平年並みとなっている。一方3歳魚は多い傾向にある。したがって、2002年生まれの1歳魚と2000年生まれの3歳魚が多く、2001年生まれの2歳魚は1歳時の豊度と比べると意外なほど少ない、というのが現在の資源構造の特色である。

また、採集効率 Q を変化させたときの資源量の変化を図8に示した。直接法による資源量推定のため、年齢別の Q の値によって資源量は大きく変わる。ここでは前述の理由により、2歳魚以下と3歳魚以上の差を大きくしたものをを用いた。

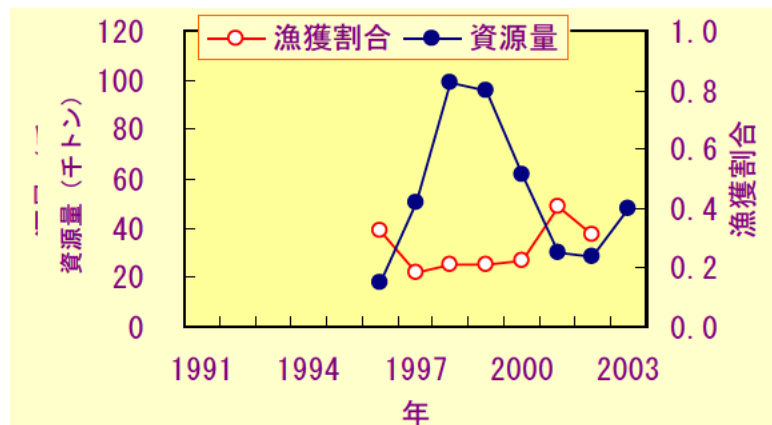


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

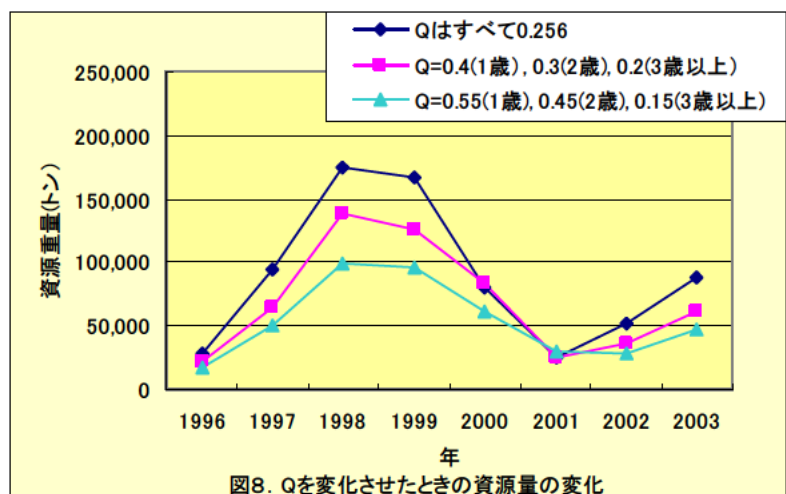


図8. Qを変化させたときの資源量の変化

(5) 資源水準・動向の判断

現存量は1998、1999年には極めて多かったが、加入量の減少により2000年以降には減少した。しかし、1996年よりは多く CPUE も一定水準を維持しているため（図5、表2、3）、

現在の資源水準は中程度であると考えられる。また、2001、2002 年級群の加入が比較的多く現存量推定値も増加していることから、資源動向は横ばいと考えられる。

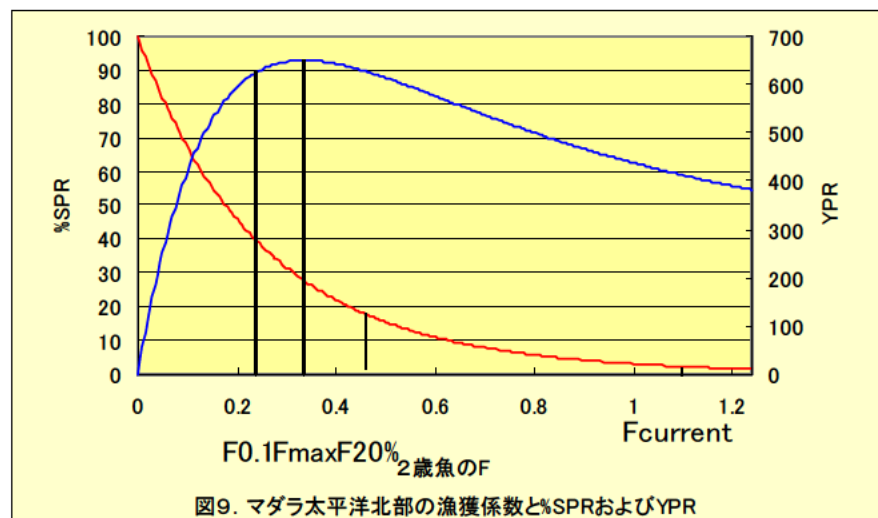
5. 資源の変動要因

(1) 資源と漁獲の関係

近年の漁獲パターンに基づく YPR 曲線と SPR 曲線を図 9 に示した。過去 7 年間の各年齢平均の漁獲係数は $F=1.19$ であり、一般にいわれる管理基準値に比べて非常に高い。また、漁獲物の体長組成にも示されているように (図 6)、若齢魚に対する漁獲圧が高いのも特徴で、 F 値は 3 歳時に最も高い ($F=1.22$) が、1 歳魚にもそれに近い値である ($F=1.07$)。

(2) 資源と海洋環境の関係

図 10 に太平洋北部海域におけるマダラの加入量と水温との関係を示した。ここでの北部および南部海域はそれぞれ青森沖～金華山沖および金華山沖～日立沖を示している。マダ



ラの卵が孵化する 2 月から幼魚が着底する 6 月までの水温を月毎に水深 0m、50m および 100m で調べた結果、着底直前の 6 月における表面水温が加入量決定に大きな影響を及ぼす可能性が示唆された。本海域は太平洋岸におけるマダラの分布の南限に位置することから、この結果は興味深い。ただし、ここでは産卵親魚量について考慮しておらず、そのメカニズムも明らかになっていないことから、水温ですべてが決まる、と考えるのは早計であり、今後この要因の解明が求められる。

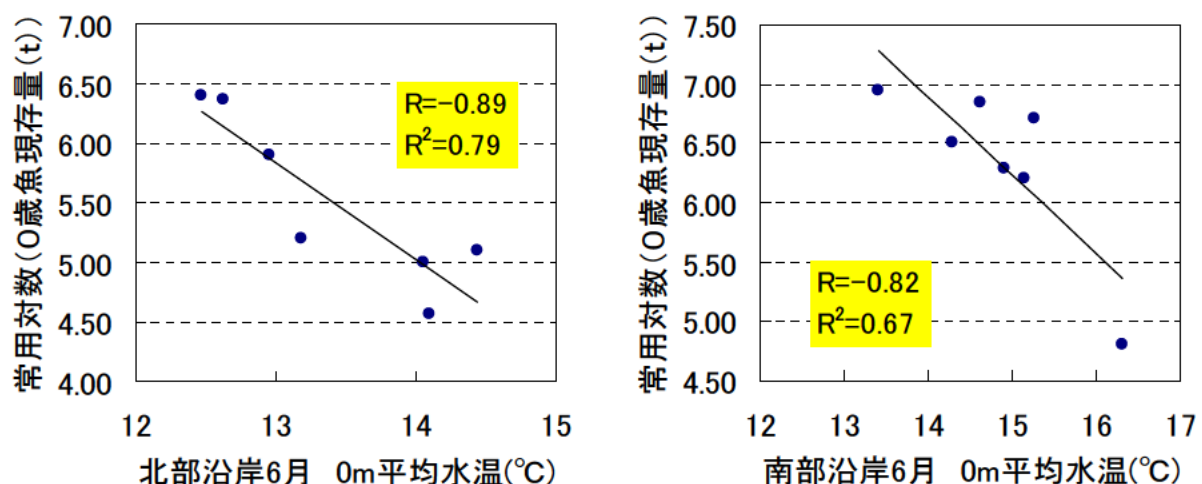


図 10. 太平洋北部海域における表水温と 0 歳魚の現存量の関係

6．管理目標・管理基準値・2004 年 ABC の設定

(1) 資源評価のまとめ

マダラ資源は 1990 年代後半に大幅に増大したがその後減少傾向にある。しかしながら、資源は未だ中水準にあり、2002 年級の発生量は多いと考えられることから、適切な漁獲管理を行うことによって 1990 年代後半レベルに資源を回復させることが可能である。

(2) 資源管理目標

再生産関係が明らかになっていないため、今後の加入動向は不明である。しかしながら、本種の成長は非常に早いため、若齢期の漁獲圧を制限することにより比較的加入が少ない状況でも資源を維持することができると考えられる。現存量調査の結果、2002 年級の加入量は多いことが示されているので、この年級の乱獲を抑え、今後加入が比較的少なくとも安定した資源水準を維持することを資源管理目標とした。資源管理基準と標準的漁獲制御ルール（平成 15 年度）1 - 3） - （2）に基づいて $F_{limit}=F_{20\%}$ とし、この時の漁獲量を ABC limit とした。また $F_{target}=F_{limit} \times 0.8$ とし、この時の漁獲量を ABC target とした。

(3) 2004 年 ABC の設定

2004 年の ABC 算定は以下の条件の下で行った。

- ・ 自然死亡係数 M は田内・田中の式（田中 1960）およびこれまでの年齢査定で得られた寿命（8 歳）から、0.313 とした。
- ・ 1995～2002 年に行った現存量調査の結果からもとめた各年齢の生残率の平均値を年齢別生残率 S とし、 S と M との関係から得られた年齢別 F 値を現状の F とした。
- ・ 2003 年以降の年齢別の F の比率（選択率）は 1995～2002 年の平均値と同じと仮定する。2 歳を 1 とすると、1 歳 = 0.97，3 歳以上 = 1.11 となる。
- ・ 年齢別の体重は図 1 のとおり。なお、雌の 50%成熟体長は 478mm で、1995-2002 年では 3 歳魚の 20-75%が成熟していたため、3 歳魚の成熟割合を 0.4 とした。また、2 歳魚はすべて未熟で、4 歳魚以上の個体はほぼすべて成熟していたため、それぞれ 0 および 1 とした。
- ・ 1996～1998 年および 2003 年の 0 歳魚の発生は高水準で卓越年級と考えられるため、1996～1998 年および 2003 年を除く 1996～2003 年における平均値を「平均的な加入」として、2004 年以降の加入量とする（36,648 千尾, 11,453 トン）。
- ・ 漁獲物の体長組成からだいたい満 1 歳ぐらいから本格的に漁獲され始めると考えられるため、漁獲開始年齢は満 1 歳とする。

この条件のもとで現在の漁獲が 2003 年まで続くとなると、2004 年の初期資源量は 51,530 トンになる。 $F_{30\%}$ 、 $F_{20\%}$ 、 $F_{0.1}$ 、 $F=M$ 、 F 現状および資源量を 2003 年レベルに保つ $F(F_{sus})$ について検討した。その結果、現状の漁獲圧が続くと資源は減少する。 $F_{30\%}$ および $F=M$ まで漁獲圧を下げると当面の漁獲量は減少するが、2008 年には資源は 10 万トン以上となり、卓越年級が発生した 1998-1999 年を超えるレベルに達すると考えられる（図 11）。 $F_{20\%}$ とすると、漁獲量を大きく減らすことなく、卓越年級が発生したときに準じる資源水準に増加するため、

F20%を Flimit、安全を見越して Flimit に 0.8 を乗じたものを Ftarget とした。その結果、ABClimit=15,635 トン、ABCtarget=12,993 トンと推定された。

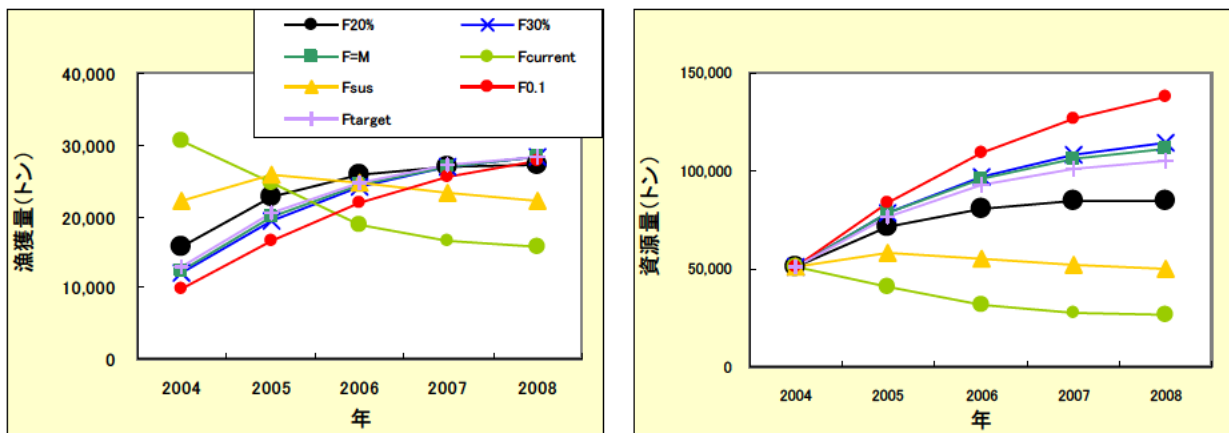


図 11. さまざまな管理基準に基づく漁獲量（左）と資源量（右）の変動

	2004年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC limit	156百トン	F20%	0.43	30%
ABC target	130百トン	0.8F20%	0.37	25%

注)F値は各年齢の平均で、ABCは100トン未満で四捨五入した。
管理目標への達成年はおおむね5年とする。

(4) F 値の変化による資源量および漁獲量の推移

F 値および加入量を前項で設定したものと同一と仮定すると、F を変動させたときの漁獲量と資源量は表 4 および図 11 の通りとなる。現状の漁獲圧が続くと資源は大幅に減少し、5 年後の 2008 年には約半分になる。一方、マダラは成長が早いため、漁獲圧を多少下げることにより、資源の回復に大きな効果が見込める。ただし、マダラは高次捕食者であるため、資源が増加すると成長率や生残率は低下すると考えられる。また、繁殖開始年齢の遅れや体重当たりの産卵数の減少なども考えられるため、多少の割引は必要であろう。

表4 F値の変化による資源量および漁獲量の推移

		漁獲量(トン)					資源量(トン)				
F	基準値	2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
0.00		0	0	0	0	0	51,530	104,669	166,760	230,334	289,210
0.07	0.1 F _{sus}	2,932	5,944	9,039	11,921	14,353	51,530	98,371	147,819	193,855	232,695
0.22	0.3 F _{sus}	8,332	14,828	20,040	23,943	26,595	51,530	86,822	116,313	138,398	153,400
0.24	0.33 F _{sus}	9,079	15,849	21,057	24,814	27,271	51,530	85,231	112,300	131,829	144,599
ほぼC currentに相当											
0.37	0.51 F _{sus}	12,993	20,384	24,681	27,070	28,234	51,530	76,915	92,598	101,319	105,568
ほぼF targetに相当											
0.43	0.60 F _{sus}	15,635	22,683	25,723	26,915	27,221	51,530	71,342	80,595	84,225	85,155
ほぼF limitに相当											
0.72	F _{sus}	22,051	25,767	24,690	23,290	22,000	51,530	57,921	55,572	52,521	50,429
1.19	1.7 F _{sus}	30,491	24,697	18,856	16,443	15,627	51,530	40,642	31,300	27,442	26,137
ほぼF currentに相当											

(5) ABC limit の検証

マダラの再生産関係は不明であるが、2002 年および 2003 年の 5～6 月に着底トロール調査を行い、着底直後の幼魚の現存量推定を試みている。育成場におけるマダラ 0 歳魚の分布密度は、2002 年には約 40,000 尾/km² (13 調査点) であったのに対し、2003 年にはわずか 2,800 尾/km² (9 調査点) であった。わずか 2 年間の結果であり、今後さらなるデータの積み重ねが必要ではあるが、もしこの幼魚の密度比が加入量比と

等しいと仮定すると、2003 年級の加入量は 11,000 千尾となり、その加入が続くと資源量、漁獲量ともに減少する (図 12)。1996～2003 年の調査では、加入量は 3,900 千～240,000 千尾と年によって大きく変動しており、さらに先述のように海洋環境に大きく影響を受けるため、加入量を予測することはかなり困難である。したがって、安全を見込む意味でも、卓越年級を除いた年の加入量の平均値を 2003 年以降の加入と仮定するのは妥当であると考えられ、それに基づいて求めた ABC limit も漁獲を大きく減らさずに資源を回復させることが可能であることから、適切であると考えられる。

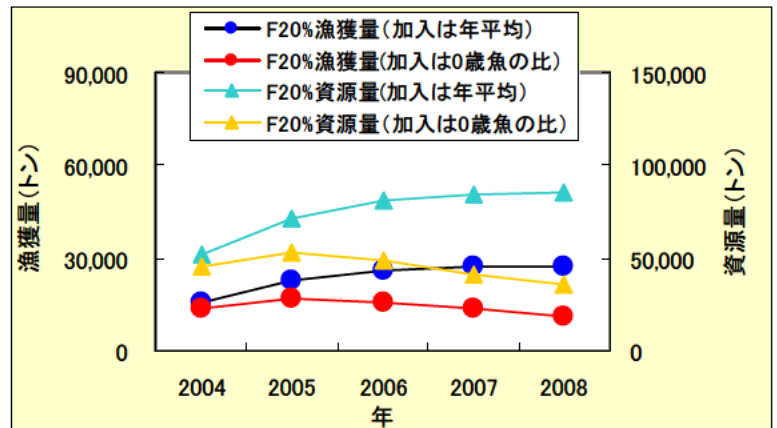


図 12. 加入量を変動させ、20%SPR で漁獲を続けたときの漁獲量と資源量の変動

(6) 過去の管理目標・基準値、ABC(当初・再評価)のレビュー

表5. 過去の管理目標・基準値、ABC(当初・再評価)のレビュー(単位は千トン)

評価対象年(当初・再評価)	管理基準 ¹	資源量	ABC limit	ABC target	漁獲量	管理目標
2002年(2001年当初)	F=M(0.25)	20.1	3.8	3.3	9.0	資源水準維持
2002年(2002年再評価)	F20%SPR(0.46)	28.6	9.4	8.2	9.0	資源水準維持
2002年(2003年再評価)	F20%SPR(0.46)	28.6	9.4	8.2	9.0	資源水準維持
2003年(2002年当初)	F20%SPR(0.41)	31.4	10.7	8.9		資源水準維持
2003年(2003年再評価)	F20%SPR(0.46)	47.7	14.3	11.9		資源水準維持

1: ABC limit に対する資源管理基準(略号)とそれに相当するF値(年あたり)

資源量、漁獲量、ABCの単位: トン、漁獲量は暫定値

7. ABC 以外の管理方策への提言

マダラは非常に成長が早く、満1歳では 80g 程度の個体が満2歳では 550g、満3歳では 1,600g にまで成長する。そのため、加入が悪くとも小型魚の漁獲規制することによってある程度の資源量を維持することができると考えられる。また、過去の漁獲量の変動からマダラ資源の増大は卓越年級の発生によって起こると考えられることから、常に一定量の親魚を残し、卓越年級の発生を阻害しないようにすることが求められる。

8 . 引用文献

- Bakkala, R. S. Westrheim, S. Mishima, C. Zhang and E. Brown (1984) Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., 42: 111-115.
- 福田慎作、横山勝幸、早川 豊 (1985) 青森県陸奥湾湾口部におけるマダラ成魚の標識放流について. 栽培技研, 14, 71-77.
- 橋本良平(1974) 東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究. 東北水研研報, 33, 51-67.
- 服部 努、桜井泰憲、島崎健二(1992)マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式. 日本水産学会誌, 58: 1203-1210.
- 服部 努、桜井泰憲、島崎健二(1995)陸奥湾に來遊するマダラの孕卵数. 東北水研報 57: 1-5.
- 服部 努、北川大二、今村 央、野別貴博 (1999) 1998 年の底魚類資源量調査結果. 東北底魚研究, 19: 77-91.
- 服部 努、北川大二、成松庸二、佐伯光広、片山知史、藤原邦浩、小谷健二、本田学志(2002) 2001 年の底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究, 22: 82-98.
- 児玉純一、永島宏、和泉祐司 (1990)金華山海域に生息するマダラについて. 東北海区底魚研究チーム会議報告, 11: 43-46.
- Mishima, S. (1984) Stock assessment and biological aspects of Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) in Japanese waters. Bull. 42, North Pac. Fish. Comm., 180-199.
- 成松庸二、北川大二、服部努 (2003) 東北海域におけるマダラの成長の年変化. 平成 15 年度日本水産学会大会講演要旨集, 83p.
- Sakurai, Y. and T. Hattori (1996) Reproductive behavior of Pacific cod in captivity. Fish. Sci., 62: 222-228.
- Takatsu et al. (1995) Feeding habits of Pacific cod larvae and juveniles in Mutsu bay, Japan. Fish. Sci. 61, 415-422.
- Takatsu et al. (2002) Spatial distribution and feeding habits of Pacific cod (*Gadus Macrocephalus*) larvae in Mutsu Bay, Japan. Fish. Oceanogra., 11, 90-101.
- 田中昌一(1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1-200.
- 山村織生(1993) 仙台湾沖底生魚類群集における資源分割. 漁業資源研究会議 底魚部会報, 26, 61-70.

